

Buletin Ilmiah Math. Stat. dan Terapannya (Bimaster)
Volume 03, No. 1 (2014), hal 39- 46.

PENGENDALIAN KECEPATAN KENDARAAN RODA EMPAT DENGAN MENGGUNAKAN *FUZZY INFERENCE SYSTEM* METODE MAMDANI

Yoakim Marinus Hasibuan, Nilamsari Kusumastuti, Beni Irawan

INTISARI

Fuzzy Inference System adalah suatu kerangka sistem yang didasarkan pada teori himpunan fuzzy, aturan fuzzy dan penalaran fuzzy. Ada 3 metode yang sudah dikenal pada *Fuzzy Inference System* yaitu metode Mamdani, metode Tsukamoto dan metode Sugeno. Pada penelitian ini digunakan *Fuzzy Inference System* metode Mamdani yang diaplikasikan untuk mengendalikan kecepatan pada kendaraan roda empat. Untuk mendapatkan output pada metode Mamdani diperlukan 4 tahapan, yaitu: pembentukan himpunan dan variabel fuzzy, aplikasi fungsi implikasi, komposisi aturan, dan penegasan. Dengan metode Mamdani didapatkan 9 aturan yang akan digunakan dan proses defuzzifikasi dilakukan dengan metode Centroid. Berdasarkan kasus pada penelitian ini, ketika jarak antar kendaraan sejauh 12 m dan jarak antara kendaraan dengan tikungan didepannya sejauh 8 m, maka hasil perhitungan dengan menggunakan metode Mamdani didapat laju kendaraan sebesar 66,52 km/jam

Kata Kunci : *Fuzzy Inference System, Mamdani, Centroid*

PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi komputer dapat membantu manusia menghasilkan produk unggulan yang digunakan untuk menyelesaikan pekerjaannya dengan lebih mudah dan hasil yang lebih akurat. Inovasi-inovasi teknologi dapat dilihat seiring banyaknya kegiatan penelitian yang memanfaatkan gagasan-gagasan baru berupa metode baru, teknik-teknik baru, algoritma baru, formula baru, maupun memperbaiki gagasan yang telah ada, sehingga dihasilkan perangkat baru yang lebih canggih. Demikian halnya dibidang teknologi otomotif, manusia berusaha melakukan penelitian untuk menemukan gagasan-gagasan baru yang dapat diterapkan, sehingga peralatan otomotif akan lebih mudah digunakan. Untuk menemukan peralatan otomotif yang demikian, maka diciptakanlah mesin otomotif berbasis kendali fuzzy. Penerapan kendali fuzzy pada mesin otomotif diharapkan dapat menambah kepekaan mesin terhadap situasi lingkungan, baik jalan, kendaraan lain disekitarnya, maupun keadaan internal mesin tersebut. Dengan demikian sistem pada kendali fuzzy dapat mengambil keputusan yang tepat untuk menentukan seberapa besar kecepatan kendaraan yang optimal.

Logika fuzzy pertama kali dikenalkan kepada publik pada tahun 1965 oleh Lotfi A. Zadeh [1]. Zadeh adalah seorang professor di *University of California* di *Berkeley*. Fuzzy secara makna mengandung arti kabur/samar. Zadeh mengatakan bahwa selain pendekatan probabilitas, ketidakpastian dapat didekati dengan menggunakan konsep himpunan fuzzy. Logika fuzzy adalah suatu cara untuk memproses data dari *input* menuju *output* berdasarkan konsep himpunan fuzzy.

Metode *Fuzzy Inference System* adalah suatu kerangka sistem yang didasarkan pada teori himpunan fuzzy, aturan fuzzy dan penalaran fuzzy dan pada dasarnya dapat melakukan penalaran dengan prinsip serupa seperti manusia yang melakukan penalaran dengan nalurinya [2]. *Fuzzy Inference System* dapat dilakukan dengan menggunakan 3 metode, yaitu metode Mamdani, metode Tsukamoto dan metode Sugeno. Perbedaan dari ke-3 metode tersebut dapat dilihat pada proses komposisi aturan dan proses defuzzifikasi nya. Nurul melakukan penelitian dengan menggunakan metode Mamdani untuk menentukan waktu tempuh tercepat dalam studi kasus rute perjalanan dari kampus UIN Malang menuju alun-alun kota Malang. Kesimpulan yang diperoleh bahwa metode Mamdani cocok digunakan untuk menentukan waktu tempuh [3]. Metode Mamdani juga digunakan Supriyono untuk menganalisis

perbandingan logika fuzzy dengan regresi berganda sebagai alat peramalan. Berdasarkan hasil penelitiannya dapat ditarik kesimpulan jika melakukan peramalan dengan menggunakan logika *fuzzy*, maka data-data *input* dan *output* harus merupakan interval yang nilainya bukan nilai tetap [4].

Penelitian ini menggunakan *Fuzzy Inference System* metode *Mamdani*. Permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini adalah bagaimana cara kerja *Fuzzy Inference System* metode *Mamdani* dalam memberikan *output* berupa rekomendasi kecepatan yang layak pada kendaraan roda empat berdasarkan jarak kendaraan dan jarak tikungan yang ada disekitar kendaraan tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah mencari nilai *defuzzifikasi*, dimana untuk mendapatkan nilai *defuzzifikasi* pertama kali harus membuat dan menentukan variabel *fuzzy* dan himpunan *fuzzy*, kemudian membuat aturan pada aplikasi fungsi implikasi dan mengkomposisi semua aturan yang digunakan kemudian mencari nilai tegas yang diperoleh dengan cara mengambil titik pusat daerah *fuzzy* dengan menggunakan metode *centroid* kemudian membandingkan hasil akhir antara pengerjaan secara manual dan pengerjaan dengan menggunakan program bantu. Data yang digunakan berdasarkan data dari institusi Kepolisian yaitu Polantas kota Pontianak.

FUZZY INFERENCE SYSTEM METODE MAMDANI

Pada *fuzzy* terdapat sistem yang bisa melakukan penalaran dengan prinsip serupa seperti manusia yang melakukan penalaran dengan nalurinya yaitu *fuzzy inference system*. Sistem yang terdapat pada *fuzzy* yaitu terdiri dari himpunan *fuzzy*, variabel *fuzzy* dan fungsi keanggotaan. Himpunan *fuzzy* merupakan suatu kelompok dari klasifikasi *fuzzy* yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu. Nilai keanggotaan himpunan *fuzzy* tidak hanya berada pada nol nol atau satu, tetapi juga terletak diantaranya sedangkan variabel *fuzzy* adalah variabel yang akan dibahas pada suatu sistem *fuzzy*. Metode *Mamdani* adalah metode dimana himpunan *fuzzy* yang merupakan *input* dari setiap aturan dikombinasikan dengan menggunakan operator Dan kemudian menghasilkan *output* pada suatu sistem. Metode *Mamdani* sering juga dikenal dengan nama metode *Min-Max*. Metode *Mamdani* diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975 [5]. Untuk memperoleh *output* pada metode *Mamdani* diperlukan 4 tahapan, yaitu [1]:

1. Pembentukan himpunan *fuzzy*, dimana baik variabel *input* maupun variabel *output* masing-masing dibagi 3 himpunan *fuzzy*. Ada 3 variabel *fuzzy* yang digunakan, yaitu:
 - a. Jarak kendaraan adalah jarak antara mobil dengan mobil di depannya, yang terdiri dari 3 himpunan *fuzzy*, yaitu: DEKAT, SEDANG dan JAUH.
 - b. Jarak tikungan adalah jarak antara mobil dan tikungan, yang terdiri dari 3 himpunan *fuzzy*, yaitu: DEKAT, SEDANG dan JAUH.
 - c. *Output* yang berupa kecepatan ideal suatu mobil, yang terdiri dari 3 himpunan *fuzzy*, yaitu: LAMBAT, SEDANG dan CEPAT.

Data yang akan digunakan untuk membantu penelitian ini adalah data jarak dan kecepatan rata-rata dari suatu kendaraan roda empat yang diambil dari Institusi Kepolisian Kalimantan Barat yaitu Polantas Kota Pontianak dengan data sebagai berikut:

- a. Untuk x berupa jarak kendaraan, datanya adalah sebagai berikut:

Dekat : $x \leq 5m$

Jauh : $15 m \leq x \leq 20m$
 - b. Untuk y berupa jarak tikungan, datanya adalah sebagai berikut:

Dekat : $y \leq 5m$

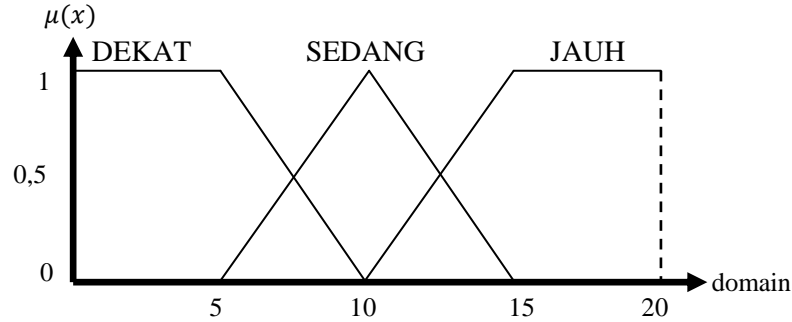
Jauh : $10m \leq y \leq 15m$
 - c. Untuk z berupa kecepatan, datanya adalah sebagai berikut:

Lambat : $z \leq 40 \text{ km/jam}$
-

Cepat : $80 \text{ km/jam} \leq z \leq 100 \text{ km/jam}$

Berdasarkan data jarak dan kecepatan dari Institusi Kepolisian Kalimantan Barat, maka dibuatlah sebuah fungsi keanggotaan dari masing-masing variabel yang akan digunakan. Fungsi keanggotaan merupakan suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaannya atau derajat keanggotaan. Adapun fungsi keanggotaan dari masing-masing variabel adalah sebagai berikut:

a. Variabel jarak kendaraan



Gambar 1. Fungsi Keanggotaan Variabel Jarak Antar Kendaraan

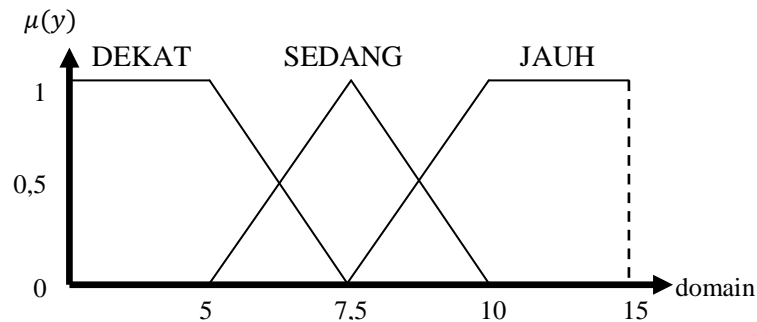
Fungsi keanggotaannya adalah sebagai berikut:

$$\mu_{JKDekat}(x) = \begin{cases} 1 & ; x \leq 5 \\ \frac{(10 - x)}{(10 - 5)} & ; 5 \leq x \leq 10 \\ 0 & ; x \geq 10 \end{cases}$$

$$\mu_{JKSedang}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 5 \text{ atau } x \geq 15 \\ \frac{(x - 5)}{(10 - 5)} & ; 5 \leq x \leq 10 \\ \frac{(15 - x)}{(15 - 10)} & ; 10 \leq x \leq 15 \end{cases}$$

$$\mu_{JKJauh}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 10 \\ \frac{(x - 10)}{(15 - 10)} & ; 10 \leq x \leq 15 \\ 1 & ; x \geq 15 \end{cases}$$

b. Variabel jarak tikungan



Gambar 2. Fungsi Keanggotaan Variabel Jarak Terhadap Tikungan

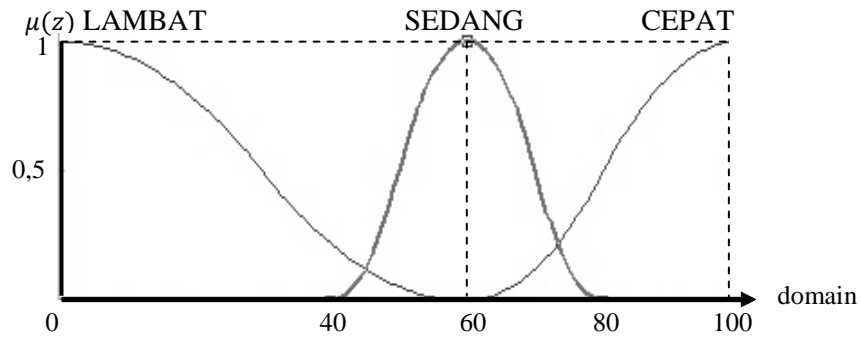
Fungsi keanggotaannya adalah sebagai berikut:

$$\mu_{JT\text{Dekat}}(y) = \begin{cases} 1 & ; y \leq 5 \\ \frac{(7,5 - y)}{(7,5 - 5)} & ; 5 \leq y \leq 7,5 \\ 0 & ; y \geq 7,5 \end{cases}$$

$$\mu_{JT\text{Sedang}}(y) = \begin{cases} 0 & ; y \leq 5 \text{ atau } y \geq 10 \\ \frac{(y - 5)}{(7,5 - 5)} & ; 5 \leq y \leq 7,5 \\ \frac{(10 - y)}{(10 - 7,5)} & ; 7,5 \leq y \leq 10 \end{cases}$$

$$\mu_{JT\text{Jauh}}(y) = \begin{cases} 0 & ; y \leq 7,5 \\ \frac{(y - 7,5)}{(10 - 7,5)} & ; 7,5 \leq y \leq 10 \\ 1 & ; y \geq 10 \end{cases}$$

c. Variabel kecepatan



Gambar 3. Fungsi Keanggotaan Variabel Kecepatan

Fungsi keanggotaannya adalah sebagai berikut:

$$\mu_{KLambat}(z) = \begin{cases} 1 & ; z \leq 0 \\ 1 - 2 \left(\frac{(z - 0)}{(60 - 0)} \right)^2 & ; 0 \leq z \leq 30 \\ 2 \left(\frac{(60 - z)}{(60 - 0)} \right)^2 & ; 30 \leq z \leq 60 \\ 0 & ; z \geq 60 \end{cases}$$

$$\mu_{KSedang}(z) = \begin{cases} 0 & ; z \leq 40 \text{ atau } z \geq 80 \\ 2 \left(\frac{(z - 40)}{(60 - 40)} \right)^2 & ; 40 \leq z \leq 50 \\ 1 - 2 \left(\frac{(60 - z)}{(60 - 40)} \right)^2 & ; 50 \leq z \leq 60 \\ 1 - 2 \left(\frac{(z - 60)}{(80 - 60)} \right)^2 & ; 60 \leq z \leq 70 \\ 2 \left(\frac{(80 - z)}{(80 - 60)} \right)^2 & ; 70 \leq z \leq 80 \end{cases}$$

$$\mu_{Kcepat}(z) = \begin{cases} 0 & ; z \leq 60 \\ 2 \left(\frac{(z - 60)}{(100 - 60)} \right)^2 & ; 60 \leq z \leq 80 \\ 1 - 2 \left(\frac{(100 - z)}{(100 - 60)} \right)^2 & ; 80 \leq z \leq 100 \\ 1 & ; z \geq 100 \end{cases}$$

2. Aplikasi fungsi implikasi, dimana pada metode *Mamdani* menggunakan fungsi implikasi *min*. Untuk mendapatkan daerah hasil implikasi diperlukan sejumlah aturan/*rules*. Jumlah aturan yang terbentuk berdasarkan 3 himpunan *fuzzy* adalah sebanyak 27 aturan. Dari 27 aturan hanya 9 aturan yang masuk akal dan layak digunakan, karena jika semua aturan digunakan maka hasilnya jauh dari yang diharapkan. 9 aturan yang digunakan diantaranya adalah sebagai berikut:
 - a. Jika (Jarakkendaraan adalah DEKAT) dan (Jaraktikungan adalah DEKAT) maka (Kecepatan adalah LAMBAT)
 - b. Jika (Jarakkendaraan adalah DEKAT) dan (Jaraktikungan adalah SEDANG) maka (Kecepatan adalah LAMBAT)
 - c. Jika (Jarakkendaraan adalah DEKAT) dan (Jaraktikungan adalah JAUH) maka (Kecepatan adalah LAMBAT)
 - d. Jika (Jarakkendaraan adalah SEDANG) dan (Jaraktikungan adalah DEKAT) maka (Kecepatan adalah LAMBAT)
 - e. Jika (Jarakkendaraan adalah SEDANG) dan (Jaraktikungan adalah SEDANG) maka (Kecepatan adalah SEDANG)
 - f. Jika (Jarakkendaraan adalah SEDANG) dan (Jaraktikungan adalah JAUH) maka (Kecepatan adalah SEDANG)
 - g. Jika (Jarakkendaraan adalah JAUH) dan (Jaraktikungan adalah DEKAT) maka (Kecepatan adalah SEDANG)
 - h. Jika (Jarakkendaraan adalah JAUH) dan (Jaraktikungan adalah SEDANG) maka (Kecepatan adalah SEDANG)
 - i. Jika (Jarakkendaraan adalah JAUH) dan (Jaraktikungan adalah JAUH) maka (Kecepatan adalah CEPAT)
3. Komposisi antar aturan yang diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum aturan, kemudian mengaplikasikannya ke *output* dengan menggunakan operator OR.
4. Proses *defuzzifikasi* adalah suatu proses dimana *input* nya adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*, sedangkan *output* yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada *domain* himpunan himpunan *fuzzy* tersebut. Sehingga jika diberikan suatu himpunan *fuzzy* dalam *range* tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai *crisp* tertentu sebagai *output*. Pada penelitian ini, proses *defuzzifikasi* menggunakan metode *centroid* dimana nilai tegas diperoleh dengan cara mengambil titik pusat daerah *fuzzy*.

Contoh Soal

Berapa kecepatan ideal yang diberikan oleh suatu mesin kendaraan apabila jarak kendaraan didepannya 12 m dan jarak tikungannya 8 m.

Solusi

1. Nilai himpunan fuzzy
 - a. Variabel Jarak Kendaraan
 Himpunan *fuzzy* DEKAT, $\mu_{JKDekat}(12) = 0$
 Himpunan *fuzzy* SEDANG, $\mu_{JKSedang}(12) = 0,6$

Himpunan *fuzzy* SEDANG, $\mu_{JKSedang}(12) = 0,6$

Himpunan *fuzzy* JAUH, $\mu_{JKJauh}(12) = 0,4$

a. Variabel Jarak Tikungan

Himpunan *fuzzy* DEKAT, $\mu_{JTDekat}(8) = 0$

Himpunan *fuzzy* SEDANG, $\mu_{JTSedang}(8) = 0,8$

Himpunan *fuzzy* JAUH, $\mu_{JTJauh}(8) = 0,2$

2. Aplikasi fungsi implikasi

Pada tahap ini, aplikasi operator *fuzzy* dan aplikasi fungsi implikasi didapatkan dengan menggunakan fungsi *min* pada 9 aturan yang sudah ditetapkan yaitu sebagai berikut:

[R1] = 0 (tidak ada daerah hasil implikasi)

[R2] = 0 (tidak ada daerah hasil implikasi)

[R3] = 0 (tidak ada daerah hasil implikasi)

[R4] = 0 (tidak ada daerah hasil implikasi)

[R5] = 0,6 (ada daerah hasil implikasi)

[R6] = 0,2 (ada daerah hasil implikasi)

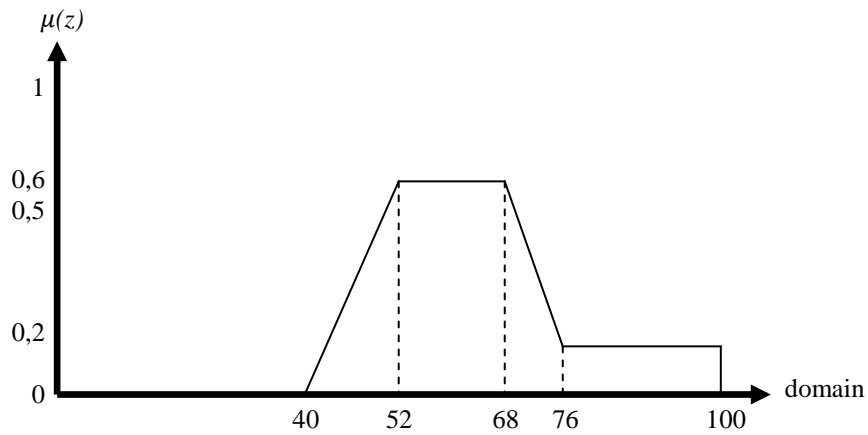
[R7] = 0 (tidak ada daerah hasil implikasi)

[R8] = 0,4 (ada daerah hasil implikasi)

[R9] = 0,2 (ada daerah hasil implikasi)

3. Komposisi antar aturan

Dari hasil aplikasi fungsi implikasi tiap aturan, untuk melakukan komposisi antar aturan digunakan fungsi *max*, hasilnya seperti pada gambar berikut:



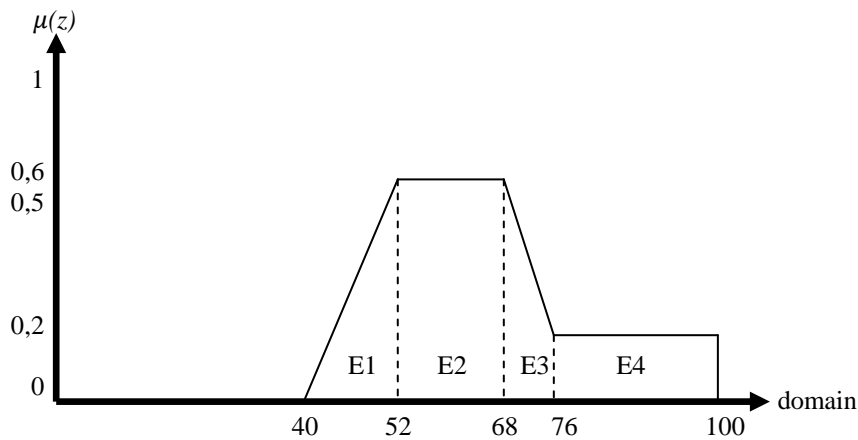
Gambar 4. Daerah Inferensi Komposisi Aturan Variabel Kecepatan

Hasil dari inferensi fungsi keanggotaan variabel *output* kecepatan, maka didapatkan persamaan sebagai berikut:

$$\mu_{Kecepatan}[z] = \begin{cases} 0 & ; z \leq 40 \\ \frac{(z - 40)}{(20)} & ; 40 \leq z \leq 52 \\ 0,6 & ; 52 \leq z \leq 68 \\ \frac{(z - 40)}{(20)} & ; 68 \leq z \leq 76 \\ 0,2 & ; 76 \leq z \leq 100 \end{cases}$$

4. Defuzzifikasi

Proses *defuzzifikasi* dilakukan dengan menggunakan metode *centroid*. Untuk menentukan nilai *crisp z*, dapat dilakukan dengan cara membagi daerah menjadi 4 bagian yaitu E1, E2, E3 dan E4



Gambar 5. Pembagian Daerah *Output Fuzzy* Kecepatan

Selanjutnya akan dicari besarnya Moment (M) dan Luas (L) dari masing-masing daerah E1, E2, E3 dan E4.

1. Daerah E1 didapat besarnya $M_1 = 175,36$ dan $L_1 = 3,6$
2. Daerah E2 didapat besarnya $M_2 = 576$ dan $L_2 = 9,6$
3. Daerah E3 didapat besarnya $M_3 = 236,56$ dan $L_3 = 3,2$
4. Daerah E4 didapat besarnya $M_4 = 422,4$ dan $L_4 = 4,8$

Setelah selesai menghitung nilai Moment dan nilai Luas masing-masing daerah, kemudian dilanjutkan dengan menghitung titik pusat (z^*). Adapun untuk menghitung z^* adalah sebagai berikut :

$$z^* = \frac{M_1 + M_2 + M_3 + M_4}{L_1 + L_2 + L_3 + L_4}$$

$$z^* = \frac{1410,32}{21,2} = 66,52$$

Nilai z^* merupakan nilai *defuzzifikasi* yang diharapkan, sehingga z^* dapat juga disebut dengan nilai dari besarnya suatu kecepatan yang direkomendasikan oleh suatu sistem *fuzzy*. Jadi, kecepatan ideal yang direkomendasikan oleh suatu mesin kendaraan apabila jarak kendaraan didepannya 12 m dan jarak tikungan nya sejauh 8 m adalah 66,52 Km/Jam.

PERBANDINGAN METODE *MAMDANI* DENGAN METODE *SUGENO*

Untuk menentukan kecepatan pada suatu kendaraan tidak hanya dapat digunakan dengan metode *Mamdani* tetapi dapat juga dilakukan dengan menggunakan metode *Sugeno*. Metode *Sugeno* merupakan salah satu metode pada *Fuzzy Inference System* yang hamper serupa dengan metode *Mamdani*. Metode *Sugeno* diperkenalkan oleh Takagi-Sugeno Kang pada tahun 1985, sehingga metode ini sering disebut juga dinamakan dengan metode TSK. Tujuan membandingkan antara metode *Mamdani* dan metode *Sugeno* adalah untuk melihat hasil yang didapat oleh masing-masing metode, apakah sama, mendekati atau jauh sehingga dapat diketahui metode mana yang lebih akurat dan layak digunakan untuk menentukan kecepatan kendaraan. Berikut adalah 5 contoh soal yang dibuat berdasarkan tabel dengan menggunakan program bantu yang bertujuan untuk membandingkan hasil antara metode *Mamdani* dan *Sugeno*.

Tabel 1. Perbandingan hasil antara metode *Mamdani* dan metode *Sugeno*

Jarak Kendaraan	Jarak Tikungan	Kecepatan	
		<i>Mamdani</i>	<i>Sugeno</i>
15 (Jauh)	10 (Sedang)	88,6	180
12 (Sedang)	8 (Jauh)	66,9	107
8 (Sedang)	12 (Jauh)	39,3	71,2
12 (sedang)	12,5 (Jauh)	71,1	151
14 (Jauh)	12 (Jauh)	81,5	179

PENUTUP

Jumlah aturan yang layak digunakan dalam penelitian ini sebanyak 9 aturan. Ketika jarak antar kendaraan sejauh 12 m dan jarak antara kendaraan dengan tikungan didepannya sejauh 8 m, maka hasil perhitungan dengan menggunakan metode *Mamdani* didapat laju kendaraan sebesar 66,52 km/jam. Berdasarkan tabel 1, bahwa perbandingan hasil dengan menggunakan metode *Sugeno* sangat jauh berbeda dan tidak layak digunakan apabila dibandingkan dengan metode *Mamdani*. Ini menunjukkan bahwa *Fuzzy Inference System* metode *Mamdani* jauh lebih baik digunakan dalam menentukan kecepatan sebuah kendaraan roda empat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Kusumadewi S, Purnomo H. *Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan*. Edisi ke-2. Yogyakarta: Graha Ilmu; 2010.
- [2]. Kusumadewi S, Hartati S. *Neuro fuzzy: Integrasi Sistem Fuzzy dan Jaringan Syaraf*. Yogyakarta: Graha Ilmu; 2006.
- [3]. Nurul H. *Pembagian Aplikasi Metode Mamdani Dalam Menentukan Waktu Tempuh Tercepat* (Studi Kasus: Rute Perjalanan dari UIN Malang ke Alun-alun). Malang: Universitas Islam Negeri; 2007.
- [4]. Supriyono. Analisis Perbandingan Logika Fuzzy Dengan Regresi Berganda Sebagai Alat Peramalan. *Seminar Nasional III*. 2007 Nov 21-22
- [5]. Setiadji. *Himpunan & Logika Samar Serta Aplikasinya*. Edisi Pertama. Yogyakarta: Graha Ilmu ; 2009.

YOAKIM MARINUS HASIBUAN : Jurusan MIPA Universitas Tanjungpura, Pontianak,
yoakimhasibuan@yahoo.com
 NILAMSARI KUSUMASTUTI : Jurusan MIPA Universitas Tanjungpura, Pontianak,
nilamkusumastuti@gmail.com
 BENI IRAWAN : Jurusan MIPA Universitas Tanjungpura, Pontianak,
benicsc@yahoo.com